

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-527906
(P2015-527906A)

(43) 公表日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 19/00 (2006.01)	A 6 1 B 19/00 5 0 2	3 C 7 0 7
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2015-520621 (P2015-520621)
 (86) (22) 出願日 平成25年7月1日(2013.7.1)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年2月20日(2015.2.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/048911
 (87) 国際公開番号 W02014/005139
 (87) 国際公開日 平成26年1月3日(2014.1.3)
 (31) 優先権主張番号 61/666,399
 (32) 優先日 平成24年6月29日(2012.6.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 514262417
 チルドレンズ ナショナル メディカル
 センター
 CHILDREN'S NATIONAL
 MEDICAL CENTER
 アメリカ合衆国 20010 ワシントン
 ディ. シー. エヌ. ダブリュ. ミシ
 ガン アヴェニュー 111
 (74) 代理人 100107364
 弁理士 斉藤 達也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動化された手術及び介入処置

(57) 【要約】

本明細書に記載するのは、手術及び介入医療処置における副作業を自動化する為の機器及び方法である。この機器は、監視付自律下で作業を実行する為の、ロボット位置決めプラットフォーム、自動化プログラムを有するオペレーティングシステム、及び先端部の作動体器具から成る。オペレーティングシステムは、複数の画像診断法の1つ又は融合に基づき自動化プログラムを実行し、決まった形のない環境内の移動し変形し得る標的の実時間追跡をガイドする一方、先端部の作動体器具は、精度、正確さ、操縦性、及び反復を必要とする外科的介入副作業を実行する。この機器及び方法は、これらの医療処置をより効率的且つ効果的にし、より広範なアクセス並びにより画一的な結果及び改善された安全性をもたらす。

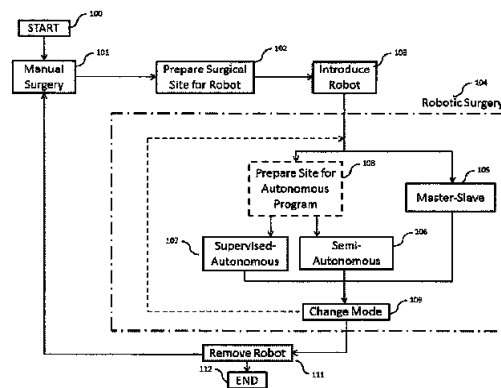


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

自動化された外科的処置を行う為のシステムであって、
術野に関する情報を提供するセンサと、
外科医が出す指令を受け付けるように構成されるユーザインターフェイスと、
前記外科医に情報を中継するように構成されるフィードバック装置と、
手術作業を行う為に使用される先端部を有する手術器具と、
前記手術器具に結合され、前記手術器具の位置を決め向きを整える手術ロボットと、
処理ハードウェアによって実装され、

前記センサからセンサデータを受け取り、

10

前記センサデータに基づき標的組織、周囲組織、及び前記手術器具の先端部の少なくとも1つにおける位置を明らかにし、

前記明らかにした前記標的組織、前記周囲組織、及び前記器具の先端の作動体の少なくとも1つにおける位置を追跡する

ように構成される追跡処理モジュールと、

前記処理ハードウェアによって実装され、前記センサ、前記追跡処理モジュール、及び前記ユーザインターフェイスから受け取るデータを自動化プログラムによって処理し、指令を生成し、前記指令を前記手術ロボットに送るように構成される制御モジュールとを含む、システム。

【請求項 2】

20

前記システムが、前記術野に関する情報を提供する複数のセンサを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記センサが、カメラ、近赤外蛍光 (NIR) カメラ、デプスカメラ、立体照明 3D スキャナのうちの1つである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記フィードバック装置が、視覚的指示又は画像を表示するように構成されるディスプレイ、又は聴覚装置である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記追跡処理モジュールが、前記明らかにした前記標的組織、前記周囲組織、及び前記器具の先端の作動体の少なくとも1つにおける位置を、近赤外蛍光 (NIR) マーカーを使用して追跡するように更に構成される、請求項 1 に記載のシステム。

30

【請求項 6】

前記手術ロボットが前記手術器具に脱着可能に結合される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記自動化プログラムが半自律である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記自動化プログラムが監視付自律である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記制御モジュールが、外科医の入力に基づき、前記自動化プログラムを無効にし、マスター-スレーブモードを実施するように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

40

【請求項 10】

前記制御モジュールが、視覚サーボ補正を実施するように更に構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記自動化プログラムが、吻合を行うように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記制御モジュールが、フライ禁止区域、遠隔運動中心、及び速さ/力の限界の少なくとも1つに基づき前記指令を更に生成するように更に構成される、請求項 1 に記載のシス

50

テム。

【請求項 1 3】

前記自動化プログラムが、指令を生成し、前記指令を前記手術ロボットに送ることによって組織を結合するように構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記組織を前記結合することが縫合、クリップ、ステーブル、又は接着剤によって行われる、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記制御モジュールが、前記器具の先端部を目標まで運ぶ為に視覚サーボ補正を実施するように更に構成される、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 1 6】

前記追跡処理モジュールによって明らかにされる前記位置が三次元の位置である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

自動化手術プログラムを生成する、コンピュータによって実施される方法であって、臨床データを処理して手術の 3 D 時空間データを生成するステップと、手術ロボットの仕様及び臨床パラメータを得るステップと、前記 3 D 時空間データ、前記手術ロボットの仕様、及び前記臨床パラメータに基づいて前記自動化手術プログラムを生成するステップとを含む、方法。

20

【請求項 1 8】

前記臨床データが、カメラ若しくは内視鏡から得られる視覚データ、運動学的データ、又は触覚データの少なくとも 1 つを含み、又は前記臨床データが、患者の状態、バイタル、及び前記手術の結果の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記臨床データが外科医の経験を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記臨床データを前記処理することが、より効果的な動きを作り出す為に器具の動きと手術結果との間の相関関係、又は外科医の経験水準の差の少なくとも一方を考慮することに基づき前記手術の 3 D 時空間データをもたらす、請求項 1 7 に記載の方法。

30

【請求項 2 1】

前記 3 D 時空間データが、器具の動き、器具の位置決め、重要臓器又は構造の位置及び動き、実行可能な基準点、及び組織変形の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記手術ロボットの仕様が、前記手術ロボットの速度及び精度を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記生成される自動化手術プログラムが、臨床データにはないが前記手術ロボットによって実施可能な手術の動きを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

40

【請求項 2 4】

前記臨床パラメータが組織特性を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記組織特性が、前記組織の予期される動き及び硬さ又は前記組織の染料の吸収性を含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記自動化手術プログラムが、好ましい動きのパターンと、重要な手術情報と、センサ情報及び前記重要な手術情報の組合せに基づきロボットの動きを指示するように

50

構成される制御モジュールと

を含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 27】

前記重要な手術情報が、重要臓器の位置、基準点又はマーカー、センサデータ、及び外科医の入力の少なくとも 1 つを含む、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

前記制御モジュールが、遠隔運動中心、フライ禁止区域、及び速度限界の少なくとも 1 つを含む動きの制約に基づき前記指令を更に生成するように更に構成される、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 29】

前記制御モジュールが、組織変形又は動きモデルに基づき前記指令を更に生成するように更に構成される、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 30】

前記自動化手術プログラムが追加の臨床データで更新可能である、請求項 17 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

20

本願は、米国特許法第 119 条 (e) の下、参照によりその全内容を本明細書に援用する、2012 年 6 月 29 日に出願された (特許文献 1) の優先権の利益を主張する。

【0002】

本発明は、ロボット手術の分野、即ち手術作業を完全に又は部分的に自動化することに関する。

【背景技術】

【0003】

所謂「ロボット手術」として市場で入手可能なのは典型的にはロボット支援手術であり、それは外科医とロボットがマスター-スレーブ様式によって対話するからである。スレーブロボットは外科医のマスターからの直接の指令に従うことを強いられ、自律性を殆ど有さない。この方法は信頼できるが、外科医の速さ及び器用さに対し、スレーブロボットの速さ及び器用さを制約する。

30

【0004】

処置を部分的に自動化する場合、更なる安全対策を取り入れるように、更には人間の限界を超えて作業を行い、効率、信頼性、及びことによると手術結果を改善するように処置を最適化する為に、より経験を積んだ外科医から集めたデータを使用するようにロボットをプログラムすることができる。

【0005】

現在入手可能な侵襲的手術システムは何れも、処置中に真の自動化を利用するものではない。インテュイティブサージカル合同会社 (Intuitive Surgical, Inc.) (カリフォルニア州サニーヴェール) のダヴィンチ (da Vinci) 低侵襲手術システムでは、最小限の自動化を伴うマスター-スレーブ制御システムが利用されている。整形手術に使用されるロボドック (Robodock) は、外科医の入力及び計画に依拠して骨を切削する。しかし、モストリス (Moustris) らによる文献のレビューの中で詳述されているように、手術ロボットの制御ループを閉じるのに関与する全てのステップに関する継続中の研究がある。

40

【0006】

自動化された手順を生成する為の臨床データの分析において、ジョンズホプキンス大学 (Johns Hopkins University) の手術言語プロジェクトは、手術動作のモデルを分解して作成し、手術動作を生成できることを示したが、手術の場に作

50

業を適合させる為に研究は進行中である。パウエルンシュミット (Bauer nschm i t t) らはロボットで糸結びを再現できるシステムを開発したが、これは前もって記録された動きの模倣に過ぎず、真の自動化ではない。

【0007】

手術を自動化する為の制御システムを設計する際、複数のグループが超音波を使用して手術の場の3D再構成をどうにか生成でき、3D超音波を使った視覚サーボが開発された。ドリルの軌道を計算する為の術前CT画像及びロボットをガイドする為の画像フィードバックを伴う可視マーカを使用し、低侵襲ロボット蝸牛開窓術がマハダニ (Maj d a n i) らによって死骸で試験された。しかし何れの手法も、ロボットを制御する為に両方の可視光画像を他の様式と組み合わせるものではない。

10

【0008】

自動化について記載する幾つかの特許出願がある。「組織のフィードバックを利用する手術ガイダンス」は、予期される組織のフィードバックを実際の組織のフィードバックと比較しながら事前にプログラムされた作業 (例えば軌道運動) を実行し、この処置を支援する (例えば誤差を補正する、基準点として使用する) システムについて記載している。「超音波手術システム及び方法」は、器具の使用に関わる複数の作業について外科医を支援し、又は外科医若しくは事前にロードされたプログラムによって指示される通りに作業を自動で行う機能を有する、超音波器具を用いた手術システムについて記載している。これらの特許は、自らの発明を行うための制御モードとしての自動化を含むが、単純な作業に自動化を使用すること又は外科医を支援することには限界がある。「ロボット手術システム」は、体腔内の自動化手術システムを全般的に説明するものではあるが、その実装形態又は開発計画に関する詳細は殆ど示されていない。

20

1. (非特許文献1)

2. (非特許文献2)

3. (非特許文献3)

4. (非特許文献4)

5. (非特許文献5)

6. (特許文献2): 「組織のフィードバックを利用する手術ガイダンス (Surg i c a l G u i d a n c e U t i l i z i n g T i s s u e F e e d b a c k)」、譲受人: マクマスター大学 (M c M a s t e r U n i v e r s i t y)

30

7. (特許文献3): 「超音波手術システム及び方法 (U l t r a s o n i c S u r g i c a l S y s t e m a n d M e t h o d)」、譲受人: エチコンエンドサージェリー社 (E t h i c o n E n d o - S u r g e r y I n c)

8. (特許文献4): 「ロボット手術システム」、譲受人: フライト・ギボンズ・ガットマン・ボンジニ&ピアンコ PL (F l e i t G i b b o n s G u t m a n B o n g i n i & B i a n c o P L)

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許出願第61/666,399号明細書

40

【特許文献2】米国特許出願第12/842,462号明細書

【特許文献3】米国特許出願第11/392,040号明細書

【特許文献4】米国特許出願第12/045,230号明細書

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】モストリス, GP (M o u s t r i s , G P)、SC ヒリディス (S C H i r i d i s)、KM デリパラスコス (K M D e l i p a r a s c h o s)、及びKM コンスタンティニディス (K M K o n s t a n t i n i d i s) 著、「自律及び半自律ロボット手術システムの進化: 文献のレビュー (E v o l u t i o n o f A u t o n o m o u s a n d S e m i - a u t o n o m o u s R o b o t i c S

50

urgical Systems: a Review of the Literature) 医療ロボット工学の国際学術誌 (Int J Med Robot) 7、第4巻 (2011年)、p. 375~392

【非特許文献2】リン HC (Lin HC)、シャフラン I (Shafran I)、マーマー TE (Murphy TE)ら著、「医用画像計算及びコンピュータ支援介入 (Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI) 2005)」、シュプリンガー、ベルリン (Springer: Berlin)、2005年、p. 802~810の中の「ロボット支援手術動作の自動検出及び区分化 (Automatic detection and segmentation of robot-assisted surgical motions)」

【非特許文献3】ライリー CE (Reiley CE)、プラク E (Plaku E)、ヘイガー GD (Hager GD)著、IEEEの国際年次会議 (Annual International Conference of the IEEE)、医療・生理部会 (Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC))、2010年、p. 967~970の中の「ロボット手術作業の動作生成：熟練者の実演からの学習 (Motion generation of robotic surgical tasks: learning from expert demonstrations)」

【非特許文献4】パウエルンシュミット R (Bauernschmitt R)、シルムベック EU (Schirmbeck EU)、ノール A (Knoll A)ら著、「ロボット心臓手術に向けて：実験的手術遠隔操作システムへの自律的処置の導入 (Towards robotic heart surgery: introduction of autonomous procedures into an experimental surgical telemanipulator system)」、医療ロボット工学の国際学術誌 (Int J Med Robot)、2005年 1 (3)、p. 74~79

【非特許文献5】マハダニ O (Majdani O)、ラウ TS (Rau TS)、バロン S (Baron S)ら著、「蝸牛移植手術の為にロボットによってガイドされる低侵襲アプローチ：側頭骨研究の暫定的結果 (A robot-guided minimally invasive approach for cochlear implant surgery: preliminary results of a temporal bone study)」、コンピュータ支援放射線医学及び手術の国際学術誌 (Int J Comput Assist Radiol Surg)、2009年、4 (5)、p. 475~486

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0011】

現在使用可能なマスタ-スレーブ動作モードは、操作を行う外科医の器用さ及び技術にロボットを制限するものであり、このことは高度な精度、器用さ、及び反復（例えば縫合）が要求される特定の副作業について、自律制御と比較した場合に非効率であり得る。更に、監視付きの自動化は、マスタ外科医の能力及び二次的な画像源からの表面下組織情報に基づいて構築される根拠ベースの意思決定支援アルゴリズムを使い、それぞれの外科医の経験に基づく適応能力及び視覚処理能力の制約を改善する。

【0012】

高度な器用さ、精度、及び反復が要求される外科的副手順を識別し、自動化する為に選択する。熟練した外科医によるこれらの手順の人手による作業及びロボットによって支援される作業の両方に由来する臨床データ（視覚的な記録、ロボットの動き、患者の結果等）を分析し、自動化に不可欠な情報（例えば重要な基準点、目視基準、臓器/血管の位置/動き等）及び最適な動きパターンを自動化の為に明らかにする。上述の重要情報を所与

10

20

30

40

50

とし、自動化プログラムが手術作業を様々な患者に適応させることができるように自動化プログラムは設計される。自動化された手順は、臨床データを模倣するだけでなく、熟練した外科医の作業から学習し、ロボットの効率及び有効性を生かすように外科医の作業も改善する。

【0013】

自動化プログラムは、可視スペクトル画像及び/又は不可視スペクトル画像を提供することができる内視鏡の又は外部に装着される1つ又は複数のカメラからの、実時間の視覚的フィードバックを使った視覚サーボを利用することができる。不可視スペクトル画像の一例は、近赤外蛍光(NIR)画像である。専用センサにより又は視覚情報から抽出することにより、視覚情報と共に3D情報が提供され得る。例えば2つのカメラを使用する場合、ステレオ三角形分割アルゴリズムから3D奥行き情報を抽出することができる。3D奥行き情報は、立体照明3Dスキャナによって、又はライトフィールドカメラによって得ることもできる。

10

【0014】

手術環境がしばしば動的であり決まった形のない性質を有するので、移動し変形し得る標的を実時間でロバストに及び高忠実度で追跡するには光学データだけでは十分でない場合があり、従って、必要に応じて他のセンサ(例えば赤外線カメラ、触覚センサ等)によって視覚データが補われ、融合され、又は添えられても良い。視覚画像は他の感覚データ及び重要データと共に、所望の手術作業を行う為にロボット及び器具を動かす自動化プログラムの制御システムに供給される。様々な手術条件に適応しても同じ手術目標を達成する為に、各プログラムがセンサ及び重要データの様々な組合せを容認した状態で、外科的処置ごとに複数の自動化プログラムを生成することができる。加えて、センサ及びデータの複数の組合せを容認する為に、単一のプログラムを作成しても良い。

20

【0015】

手術中、ロボットは3つの動作モード、つまりマスタ-スレーブ、半自律、及び監視付自律のうちの下で動作することができる。マスタ-スレーブモードでは、自律プログラムの為に手術の場を準備すること(例えば組織マーカーを配置すること)等、他の2つのモードでは行うことができない作業を行う為に外科医がロボットの動きを直接制御する。半自律モードでは、外科医が、自律的に計算された軌道及び器具の操作を使用してロボットが実行する動作指令(例えば特定の位置に縫合糸を配置すること、組織を直線的に切ること、結び目を作ること)をロボットに与える。つまり、手術部位を準備した後も、外科医は意思決定及び指令を指定することに引き続き対話的に関与する。プログラムが目標位置を視覚的に追跡し、その目標に到達する為にロボットの軌道を生成することができるように、この対話は、外科医が縫合位置の輪郭を描くグラフィカルユーザインターフェイスによって実施することができる。外科医がプログラムと対話する部分が半自律性を特徴付ける。監視付自律モードでは、外科医が全体的な目標(例えば吻合を行うこと)しかロボットに与えず、その目標(例えば配置する縫合糸の位置、数、張力、及び順序)を完了するのに必要な動作を外科医からの一切の入力なしに自律プログラムが決定する。つまり、手術部位の準備後、プログラムが目標位置を選び、自動的に続行する。外科医の役割は、主に安全性を監視することである。手術の全体を通して、外科医はこれらの3つのモードの何れかを適宜使用することができ、外科医は手術中何時でもロボットの動きに割り込んでロボットのマスタ-スレーブ制御を行うことができる。

30

40

【0016】

本発明の実施形態が著しく利することができる或る外科的副作業の一例は、吻合である。吻合は、従来は手作業で、又は最近ではマスタ-スレーブ制御によってロボットを使用して行われているが、処置に要求される高度な器用さ、精度、及び反復の為にどちらの技法も時間がかかり、面倒である。これらの特徴により、この作業を自動化することから得られる大きな潜在的改善がある。

【0017】

本技術は、精度、反復、操縦性、及び再現性を必要とする他の外科的処置を改善する可

50

能性があり、かかる処置には、これだけに限定されないが、骨インプラントの配置（螺子留め／固定）、組織解剖、生検、硝子体網膜手術、超微細手術及び／又は血管の吻合、小線源治療、及び皮膚閉鎖が含まれる。

【0018】

本明細書で開示する実施形態は、自動化された外科的処置を行う為のシステムを提供する。このシステムは、術野に関する情報を提供するセンサと、外科医が出す指令を受け付けるように構成されるユーザインターフェイスと、外科医に情報を中継するように構成されるフィードバック装置と、手術作業を行う為に使用される先端部を有する手術器具と、手術器具に結合され、手術器具の位置を決め向きを整える手術ロボットと、処理ハードウェアによって実装され、センサからセンサデータを受け取り、そのセンサデータに基づき標的組織、周囲組織、及び手術器具の先端部の少なくとも1つにおける位置を明らかにし、明らかにした標的組織、周囲組織、及び器具の先端の作動体の少なくとも1つにおける位置を追跡するように構成される追跡処理モジュールと、処理ハードウェアによって実装され、センサ、追跡処理モジュール、及びユーザインターフェイスから受け取るデータを自動化プログラムによって処理し、指令を生成し、その指令を手術ロボットに送るように構成される制御モジュールとを含む。

10

【0019】

本システムの別の実施形態によれば、本システムが、術野に関する情報を提供する複数のセンサを更に含む。

【0020】

本システムの別の実施形態によれば、センサが、カメラ、近赤外蛍光（NIR）カメラ、デプスカメラ、立体照明3Dスキャナのうちの1つである。

20

【0021】

本システムの別の実施形態によれば、フィードバック装置が、視覚的指示又は画像を表示するように構成されるディスプレイ、又は聴覚装置である。

【0022】

本システムの別の実施形態によれば、追跡処理モジュールが、明らかにした標的組織、周囲組織、及び器具の先端の作動体の少なくとも1つにおける位置を、近赤外蛍光（NIR）マーカーを使用して追跡するように更に構成される。

【0023】

本システムの別の実施形態によれば、手術ロボットが手術器具に脱着可能に結合される。

30

【0024】

本システムの別の実施形態によれば、手術ロボットが、手術ロボットを術野の内外に移動させる移動機構に結合される。

【0025】

本システムの別の実施形態によれば、自動化プログラムが半自律である。

【0026】

本システムの別の実施形態によれば、自動化プログラムが監視付自律である。

【0027】

本システムの別の実施形態によれば、制御モジュールが、自動化プログラムを無効にし、マスタ-スレーブモードを実施するように構成される。

40

【0028】

本システムの別の実施形態によれば、制御モジュールが、外科医の入力に基づき自動化プログラムに割り込むように構成される。

【0029】

本システムの別の実施形態によれば、制御モジュールが、視覚サーボ補正を実施するように更に構成される。

【0030】

本システムの別の実施形態によれば、自動化プログラムが、吻合を行うように構成され

50

る。

【0031】

本システムの別の実施形態によれば、制御モジュールが、フライ禁止区域 (no-fly zone)、遠隔運動中心、及び速さ/力の限界の少なくとも1つに基づき指令を更に生成するように更に構成される。

【0032】

本システムの別の実施形態によれば、自動化プログラムが、指令を生成し、その指令を手術ロボットに送ることによって組織を結合するように構成される。

【0033】

本システムの別の実施形態によれば、組織を結合することが縫合、クリップ、ステーブル、又は接着剤によって行われる。

【0034】

本システムの別の実施形態によれば、制御モジュールが、器具の先端部を目標まで運ぶ為に視覚サーボ補正を実施するように更に構成される。

【0035】

本システムの別の実施形態によれば、追跡処理モジュールによって明らかにされる位置が三次元の位置である。

【0036】

本明細書で開示する実施形態は、自動化手術プログラムを生成する、コンピュータによって実施される方法を更に提供する。この方法は、臨床データを処理して手術の3D時空間データを生成するステップと、手術ロボットの仕様及び臨床パラメータを得るステップと、3D時空間データ、手術ロボットの仕様、及び臨床パラメータに基づいて自動化手術プログラムを生成するステップとを含む。

【0037】

この方法の別の実施形態によれば、臨床データが、カメラ若しくは内視鏡から得られる視覚データ、運動学的データ、又は触覚データの少なくとも1つを含む。

【0038】

この方法の別の実施形態によれば、臨床データが、患者の状態、バイタル、及び手術の結果の少なくとも1つを含む。

【0039】

この方法の別の実施形態によれば、臨床データが外科医の経験を含む。

【0040】

この方法の別の実施形態によれば、臨床データを処理することが、器具の動きと手術結果との間の相関関係を考慮することに基づき手術の3D時空間データをもたらす。

【0041】

この方法の別の実施形態によれば、臨床データを処理することが、より効果的な動きを作り出す為に外科医の経験水準の差を考慮することに基づき手術の3D時空間データをもたらす。

【0042】

この方法の別の実施形態によれば、3D時空間データが、器具の動き、器具の位置決め、重要臓器又は構造の位置及び動き、実行可能な基準点、及び組織変形の少なくとも1つを含む。

【0043】

この方法の別の実施形態によれば、手術ロボットの仕様が、手術ロボットの速度及び精度を含む。

【0044】

この方法の別の実施形態によれば、生成される自動化手術プログラムが、臨床データにはないが手術ロボットによって実施可能な手術の動きを含む。

【0045】

この方法の別の実施形態によれば、臨床パラメータが組織特性を含む。

10

20

30

40

50

【0046】

この方法の別の実施形態によれば、組織特性が、予期される組織の動き及び硬さ又は組織の染料の吸収性を含む。

【0047】

この方法の別の実施形態によれば、自動化手術プログラムが、好ましい動きのパターンと、重要な手術情報と、センサ情報及び重要な手術情報の組合せに基づきロボットの動きを指示するように構成される制御モジュールとを含む。

【0048】

この方法の別の実施形態によれば、重要な手術情報が、重要臓器の位置、基準点又はマーカ、センサデータ、及び外科医の入力の少なくとも1つを含む。

10

【0049】

この方法の別の実施形態によれば、制御モジュールが、遠隔運動中心、フライ禁止区域、及び速度限界の少なくとも1つを含む動きの制約に基づき指令を更に生成するように更に構成される。

【0050】

この方法の別の実施形態によれば、制御モジュールが、組織変形又は動きモデルに基づき指令を更に生成するように更に構成される。

【0051】

この方法の別の実施形態によれば、自動化手術プログラムが追加の臨床データで更新可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明をロボット手術で利用することについての全体的なワークフローを示す。

【図2】手術作業が部分的に自動化される半自律モードでの、本発明の一実施形態の全体的な構造を示す。

【図3】マスタ-スレーブロボット支援モードでの、システムの一実施形態を示す。

【図4】監視下の自律性を有するシステムの一実施形態を示す。

【図5A】乃至

【図5B】蛍光マーカを伴う赤外画像の一例を示し、図5Aは蛍光マーカを伴う赤外画像を示し、図5Bは強度閾値を伴う2値画像を示す。

30

【図6A】乃至

【図6B】画像座標の誤差補正を達成する視覚サーボで使用する現在の画像及び目標の画像を示し、図6Aは現在の画像を示し、図6Bは目標の画像を示す。

【図7】吻合を自動化する為の、デュアルモード内視鏡を利用する一実施形態を示す。

【図8】臓器並びにNIR及び生分解性クリップを備える吻合用の吻合器具の図を用いて、蛍光マーカを使って組織及び器具にどのように印付けできるのかを示す。

【図9】臓器にクリップを取り付ける吻合器具の図を用いて、自動化された吻合用の専用器具がどのように機能し得るのかを示す。

【図10A】乃至

【図10C】デュアルモード内視鏡が受け取り得る2つの画像、及びそれらの画像をオーバーレイすることができる方法を示し、図10Aは可視スペクトル画像を示し、図10BはNIRスペクトル画像を示し、図10Cはオーバーレイされた可視画像及びNIR画像を示す。

40

【図11A】乃至

【図11B】吻合用に作られた専用クリップの一実施形態を示し、図11Aは生分解性クリップ、クラスプ、及び組織を示し、図11Bはクリップを両方の組織に貫通させ、組織と一緒に保つ為にクリップの一端でクラスプを締め付ける方法を示す。

【図12】臨床データから自動手術プログラムを作り出す為の全体的な手順を示す。

【図13】一実施形態による計算装置のブロック図を示す。

【発明を実施するための形態】

50

【0053】

本発明の実施形態は、手術作業を自動化する為のシステムについて記載する。これらの実施形態は、臨床データに基づいて自動化手術プログラムを生成し、次いでその自動化手術プログラムを手術中に患者に適用することから成る。

【0054】

図1は、提案するシステムを外科手術で利用することについての全体的なワークフローを示す。外科医は、手で使う器具を利用すること(101)によって手術を開始し(100)、手作業で効率良く行える手術の部分を行い、又はロボットの為に手術部位の準備をする(102)。患者の準備ができると、外科医は患者の中にロボットを入れ(103)、ロボットモードの手術を開始する(104)。導入されるとき、ロボットは3つの動作モード、つまり外科医がコントローラによってロボットの動きを直接制御するマスター-スレーブ105、ロボットが外科医の指揮下で作業を行う半自律106、又はロボットが外科医の監視下で作業を自律的に行う監視付自律107のうちの1つで動作するように設定され得る。半自律動作モード又は監視付自律動作モードを活性化する前に、必要に応じて外科医は手術部位及び手術システムを準備する(108)。手術を続けるのにロボットが必要なくなるまで、又はロボットを除去する必要がある(111)まで、外科医は様々な動作モードを自由に切り替えることもできる(109)。ロボットを除去した後、外科医は手で使う器具を使用して手術を続け(101)、必要に応じてロボットを戻し(103)、又は任意の最終作業を行うことにより手術を終える(112)ことができる。

10

【0055】

図2、図3、及び図4は、提案するシステムの為の様々な動作モードを表す。半自律モード(図2)では、外科医200が手術中に自動化プログラム208に指令を与える。自動化プログラム208は、画像ベース追跡モジュール207から追跡情報を受け取り、その追跡情報を外科医200からの術中指令及び患者固有のパラメータ210と組み合わせ、手術ロボット201及び手術器具211(作業中の処置に特化していてもそうでなくても良い)を制御して所定の目標(例えば吻合)を得る為に、ロボットに適切な指令を実時間で送る。外科医200は、表示装置209を見ている間、視覚、音声、又は触覚によるフィードバック212を得ることができ、監視者213として手術ロボットと対話し、必要な時は何時でも主コンソールによって制御を引き継ぐ。

20

【0056】

マスター-スレーブモード(図3)では、外科医300がロボット301のマスター-スレーブ制御314によって手術器具を制御する。外科医は表示装置309によって視覚フィードバックを受け取り、他の視覚、音声、又は触覚によるフィードバック312が与えられても良いが、制御ループは専ら外科医によって閉じられる。

30

【0057】

監視付自律モード(図4)では、外科医400が自律制御を停止し、複雑化を防ぐ為に、間違った動作を訂正する為に、又は他の理由で制御413を引き継ぐ場合を除き、制御ループが、画像による追跡及び患者固有のパラメータ410を利用する自律プログラム408によって専ら閉じられる。

【0058】

手術では、自動化プログラムが引き継げるようにする為に、外科医が手で使う器具又はロボットを使用して手術の場を準備しなければならない。この準備には、これだけに限定されないが、標的臓器202の近くに器具を配置すること、カメラ203を移動して標的臓器202の映像を得ること、主な基準点に印を付けること、追加のセンサモジュール205を設定すること、作業域に印を付けること、及び重要組織/臓器に印を付けることが含まれ得る。手術の場の準備が整うと、半自律動作モード及び監視付自律動作モードを適宜使用することができる。

40

【0059】

可視光源204が手術の場を照らし、カメラ203が処置のライブ映像を記録することを可能にする。画像取得/制御モジュール206が、内視鏡/カメラ203から画像を取

50

り込んでデジタル化し、そのデータを画像ベース追跡モジュール207及び表示装置209に与える。表示装置209は、取得した視覚画像の画像フィードを提供し、その映像を追加のセンサ205又は画像ベース追跡モジュール207からの情報とオーバーレイすることにより、拡張現実画像を表示することもできる。画像ベース追跡モジュール207は、画像処理アルゴリズムを適用して器具及び基準点を追跡する。これらの作業は、センサに接続され、画像取得206、自動化プログラム208、画像ベース追跡モジュール207、及びフィードバック212処理用のソフトウェアを含むコンピュータによって行われる。

【0060】

自動化プログラムを必要に応じてよりロバストにする為に使用される追加のセンサモジュール205は、センサの性質にもよるが、追加のセンサモジュール205からの情報を画像取得モジュール206に、又は直接自動化プログラム208に送ることができる。追加のセンサモジュールは、映像とオーバーレイする為に、又は外科医コンソールに送って視覚、音声、又は触覚によるフィードバック212を与える為に、追加のセンサモジュール205からの情報を表示装置209に送ることもできる。

10

【0061】

本発明の一実施形態では、使用可能な自動化プログラムのライブラリから外科医が一連の自動化プログラムを選択する。自動化プログラムの一例は縫合作業を行う自動化プログラムであり、縫合作業では異なる組織上の1つ又は複数の点を縫合し又は縫い合わせる必要があり、つまり縫合を行う為に手術器具を組織に対して位置決めしなければならない。

20

【0062】

本発明の一実施形態では、自動化プログラムが画像ベースの視覚サーボシステムを利用し、かかる視覚サーボシステムでは、画像に基づく制御法則を用いてロボット器具が閉ループによって制御される。視覚サーボでは、画像座標の誤差を計算する為に、目標位置にある器具を示す所望の画像と、現在の器具及び目標位置を示す現在の画像との差を使用する。画像座標内のこの誤差を使用し、目標位置に向けたロボット器具の動きを生成する。ロボット器具が術野内の目標位置に近づくにつれ、画像空間内の誤差が小さくなる。最後の制御ループの反復で誤差がゼロに達し、この時点で画像座標及び直交ロボット座標の両方において器具が目標位置に到達する。これが、画像ベースの視覚サーボ制御ループの核心である。ステレオカメラシステムを使用する場合、左右の画像の座標を補足してロボット器具の更なる自由度(DOF)を制御することができる。

30

【0063】

本発明の一実施形態では、術野の可視スペクトル及び/又は近赤外スペクトル(NIR、700~1100nm)等の目に見えない他の光含量を含む画像を使用する。例えば、自律プログラムを活性化する前に、外科医は、NIRカメラを使って追跡されるNIRマーカを目標位置に配置することができる。近赤外スペクトルが血液及び組織を透過できること、並びにNIRマーカを可視スペクトル画像と区別できることは、動的な手術環境(例えば軟組織の変形)において標的組織をよりロバストに実時間で追跡することを可能にする。最適なターゲティングを支援する表面下組織情報を検出する為に、マルチスペクトル画像を使用することもできる。

40

【0064】

本発明の一実施形態では、縫合、クリップ、接着剤、又はステーブルを使用して腸等の管状臓器を結合する吻合の自動化について説明する。縫合を使用する半自律吻合では、外科医がまず管状臓器を既定の向きに準備し、プログラムが視覚的に追跡するように縫合位置又は管の周縁に印を付ける。次いで、自動化プログラムが選択された縫合位置までロボット器具を自律的に動かし、縫合を行う。縫合を使用する自律吻合では、最適な巧妙さを得る為に、組織の(例えば物理的、光学的、幾何学的)特性並びにロボット器具の運動学的特性及び動的特性に基づき、プログラムがまず最適な縫合位置を検出する。最適な縫合位置を検出すると、自律プログラムが縫合位置まで器具を運び、縫合を行う。

【0065】

50

図5及び図6は、吻合を行う為に視覚サーボ及びNIRマーカ-を利用する本発明の一実施形態を示す。この実施形態では、自律プログラムの為に手術部位を準備する為に、外科医が蛍光NIRマーカ-500を目標縫合位置に配置する。視覚システムが可視スペクトル画像及び近赤外スペクトル画像(図5A)の両方を取得し、NIRマーカ-500により、NIRによって印付けされた器具501及び縫合位置502を視覚サーボが実時間で確実に追跡することを可能にする。追跡を支援する為に行うことができる画像処理の一例は、赤外閾値2値画像(図5B)であり、この2値画像は、印付けされた領域を印付けされていない領域とはっきり区別する。次いで、視覚サーボがロボット器具602を縫合部位601の方に動かす(603)(図6A)、それにより画像及び直交座標空間内の誤差がゼロに近づく(図6B)。縫合部位に到達すると、次の縫合部位に移る前に自律プログラムが縫合糸を配置する。

10

【0066】

動的且つ変形する手術環境における組織の追跡を更に支援する為に、本発明の特定の実施形態は、手術作業空間に関する3D情報を得る手段を有し得る。この手段の一実施形態では2つのカメラを使用し、これらのカメラは、ステレオ三角形分割アルゴリズムにより3D奥行き情報を抽出できるようにする。別の実施形態は、3D情報を得る為に立体照明3Dスキャナを使用することを含む。別の実施形態は、ライトフィールドカメラによって3D情報を得ることを含む。

【0067】

図7は、吻合にNIRマーカ-と共に視覚サーボを利用する一実施形態のシステム図を示す。手動モードで蛍光マーカ-を臓器702(例えば吻合しようとする胆管の両側)上に配置し、2つの光源704及び715が場を照らす。片方の光源704は、臓器の正像を取得することを可能にする可視光源である。もう一方の光源715は、蛍光材料の励起波長に応じて選択される(例えば近赤外範囲内の)狭帯域光源である。可視光画像及び蛍光画像の両方がデュアルモード内視鏡703によって捕捉され、画像取得/制御モジュール706に送られ、画像取得/制御モジュール706は、その画像をオーバレイする為に表示装置709に送り、処理する為に画像ベース追跡モジュール707に送る。自動化プログラムの視覚サーボ制御システム708は、よりロバストになるように蛍光マーキングを利用し、この蛍光マーキングは、所望の処置(吻合)を行う為に自動化プログラムがロボット701及び専用の吻合器具711を適切に動かすことを可能にする。

20

30

【0068】

図8、図9、及び図10は、NIRマーカ-及び生分解性クリップを使って吻合を行う本発明の一実施形態を示す。監視付自律動作モードの準備をする為に、蛍光マーカ-816を吻合部802及び任意選択的に器具811の周りに与える。器具は、吻合を行う為に使用することができる生分解性クリップ817(図11に更なる詳細を示す)を採用する。図9では、他のセンサデータと共に器具911を吻合部902までガイドする為に使用される蛍光マーカ-916の画像が自律プログラムに与えられ、吻合を行う為にクリップ917が配置される。図10は、術野に視覚的障害物1018がある場合に蛍光マーカ-を使用する潜在的利益を示す。可視スペクトルでは障害物が吻合部の視野を損なうが(図10A)、特定の蛍光染料は障害物を透過することができる赤外光を発する(図10B)。様々な光のスペクトルの情報を組み合わせることにより(図10C)、視覚追跡システムをよりロバストにする。

40

【0069】

図11は、吻合を行う為に使用される生分解性クリップ1117の一実施形態を示す。このクリップは、結合しようとする2つの組織1102を貫通し、生分解性クリップ1117の末端近くにある生分解性クランプ1119を締め付けることによって固定される。

【0070】

図12は、臨床データから自動手術プログラムを作り出す為の全体的なワークフローを示す。臨床データ120を処理して1組の生データ121を得る。生データ121は、カメラ又は内視鏡からの視覚データ、手術をロボットで行う場合は運動学的情報及び触覚情

50

報、並びに手術中の患者の状態、結果、バイタル等の他の関連データから成る。これらのデータを手動で、又はパターン認識等のコンピュータアルゴリズムを用いて分析し、手術に関する1組の時空間情報122をもたらす。この組は、器具の動き、器具の位置決め、重要臓器/構造の位置及び動き、実行可能な基準点、組織変形、及び特定の動きと患者の結果との間の相関関係等の他の情報を含む。様々な経験の外科医の動きを比較することにより、この段階で非効率な動きを識別することもでき、かかる非効率な動きはプログラミング中に除去し、将来外科医を訓練する為に明らかにすることができる。これは、熟練した手術者の感覚データが同様の手技を行う間に収集されるロボット模倣学習の技法によって実現することができる。投入装置の軌道等の感覚データを最初にスケールして正規化し、次いでパラメータ化する。パラメータは、同じ作業の手技の反復から、例えば主成分分析(PCA)等の線形部分空間法を使用して学習される。その後、様々なパラメトリック曲線の一次結合により、各熟練者の手技を表すことができる。自分の手の器用さの制約により外科医が通常は行わない動きを取り入れることにより、動きを更に最適化することができる。次いで、この処置の時空間データを手術ロボットの機能123(例えば速度や器用さ)及び組織特性124(例えば予期される動き、組織の硬さ)と組み合わせて、外科的処置に固有の自動化プログラム125を生成する。このプログラムは、処置における動きのパターン、様々な感覚情報を組み合わせて動きのパターンを生成する制御システム、提供されなければならない1組の重要情報(例えば基準点、重要臓器/血管)、速度限界や空間制約等の1組の制約、及び関連組織の変形/動きモデルから成る。この自動化処置を経時的に改善する一助となるように、より熟練した外科医の臨床データを取り込む為の更新手法を実装することもできる。上述の説明のプログラム又はアルゴリズムに基づく要素のそれぞれは、図13の説明の中で見つけることができるハードウェア等のハードウェアによって実装することができる。図12では、コンピュータ1299が、上記のプロセスを実行するCPU1200を含む。プロセスデータ及び命令をメモリ1202内に記憶することができる。これらのプロセス及び命令は、ハードドライブ(HDD)や携帯型記憶媒体等の記憶媒体ディスク1204上に記憶することもでき、又は遠隔地に記憶しても良い。更に、特許請求の範囲に記載の進展は、本発明のプロセスの命令が記憶されるコンピュータ可読媒体の形態によって限定されることはない。例えば命令は、CD、DVD、フラッシュメモリ、RAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、ハードディスク、又はサーバやコンピュータ等、本システムが通信する他の任意の情報処理装置上に記憶することができる。

【0071】

更に、特許請求の範囲に記載の進展は、CPU1200、並びにマイクロソフトウィンドウズ7(登録商標)、UNIX(登録商標)、Solaris(登録商標)、Linux(登録商標)、Apple MAC-OS(登録商標)、及び当業者に知られている他のシステムに関連して実行される、ユーティリティアプリケーション、バックグラウンドデーモン、若しくはオペレーティングシステムのコンポーネント、又はそれらのものの組合せとして実現することができる。

【0072】

CPU1200は、米国インテル製ジオンプロセッサやコアプロセッサ、又は米国AMD製オプテロンプロセッサとすることができ、又は当業者が認識する他の種類のプロセッサでも良い。或いは当業者なら理解するように、CPU1200は、FPGA、ASIC、PLD上に、又は個別論理回路を用いて実装することができる。更に、CPU1200は、本発明による上記のプロセスの命令を実行する為に共同して並列に動作する、複数のプロセッサとして実装しても良い。

【0073】

図13のコンピュータ1299は、米国インテル社製のインテルイーサネット(登録商標)PROネットワークインターフェイスカード等、ネットワーク1250とインターフェイスする為のネットワークコントローラ1206も含む。理解されるように、ネットワーク1250はインターネット等の公衆ネットワーク、LANやWANネットワーク等の

10

20

30

40

50

私設ネットワーク、又はその任意の組合せとすることができ、PSTNやISDNサブネットワークも含むことができる。ネットワーク1250は、イーサネット(Ethernet)(登録商標)ネットワーク等の有線とすることもでき、又はEDGE、3G、及び4G無線セルラシステムを含むセルラネットワーク等の無線とすることができる。無線ネットワークは、ワイファイ(WiFi)(登録商標)、ブルートゥース(Bluetooth)(登録商標)、又は知られている他の任意の無線形式の通信でも良い。

【0074】

コンピュータ1299は、ヒューレットパッカートHPL2445w LCDモニタ等のディスプレイ1210とインターフェイスする為の、米国エヌビディア(NVIDIA)社製のNVIDIA GeForce GTXやQuadroグラフィックスアダプタ等のディスプレイコントローラ1208を更に含む。汎用入出力インターフェイス1212は、キーボード及び/又はマウス1214、並びにディスプレイ1210上のタッチスクリーンパネル1216又はディスプレイ1210とは分かれたタッチスクリーンパネル1216とインターフェイスする。汎用入出力インターフェイスは、ヒューレットパッカートのオフィスジェット(OfficeJet)やデスクジェット(DeskJet)等のプリンタ及びスキャナを含む様々な周辺機器1218にも接続する。上記の例示的实施形態の中で前述した周辺要素は、図13の例示的实施形態の中の周辺機器1218によって具体化され得る。

10

【0075】

スピーカ/マイクロフォン1222とインターフェイスし、それにより音声及び/又は音楽を提供する為の、クリエイティブ(Creative)のサウンドブラスターX-Fiチタニウム(Sound Blaster X-Fi Titanium)等のサウンドコントローラ1220をコンピュータ1299内に設けても良い。スピーカ/マイクロフォン1222を使用し、ロボットによってガイドされる医療処置システムを制御する為の指令として、又は目標特性に対する位置及び/又は特性情報を提供する為の指令として、口述言語を受け付けることもできる。

20

【0076】

汎用記憶域コントローラ1224は、ロボットによってガイドされる医療処置システムのコンポーネントの全てを相互接続する為の、ISA、EISA、VESA、PCI、又は同様のものであり得る通信バス1226と記憶媒体ディスク1204を接続する。ディスプレイ1210、キーボード及び/又はマウス1214、並びにディスプレイコントローラ1208、記憶域コントローラ1224、ネットワークコントローラ1206、サウンドコントローラ1220、及び汎用入出力インターフェイス1212の一般的な特徴及び機能は知られているので、簡潔にする為の、本明細書ではその説明を省略する。

30

【0077】

当然、本開示の様々な修正形態及び改変形態が上記の教示に照らしてあり得る。従って、添付の特許請求の範囲内で、本発明は本明細書で具体的に説明したのとは別の方法で実施できることを理解すべきである。例えば、開示した技法のステップを別の順序で実行した場合、開示したシステム内のコンポーネントを別の方法で組み合わせた場合、又はコンポーネントを他のコンポーネントで置換し若しくは補足した場合に有利な結果が実現される場合がある。本明細書に記載した機能、プロセス、及びアルゴリズムは、本明細書に記載の機能、プロセス、及びアルゴリズムを実行する為のプログラムコード及び/又はコンピュータ命令を実行するように構成されるコンピュータプロセッサ及び/又はプログラム可能処理回路を含むハードウェア、又はハードウェアによって実行されるソフトウェアによって実行することができる。プロセッサは回路を含むので、処理回路にはプログラムされたプロセッサが含まれる。処理回路には、列挙した機能を実行するように構成される特定用途向け集積回路(ASIC)や従来回路部品等の装置も含まれる。

40

【0078】

本明細書に記載した機能及び特徴は、システムの様々な分散コンポーネントによって実行することもできる。例えば、これらのシステム機能を1個又は複数のプロセッサが実行

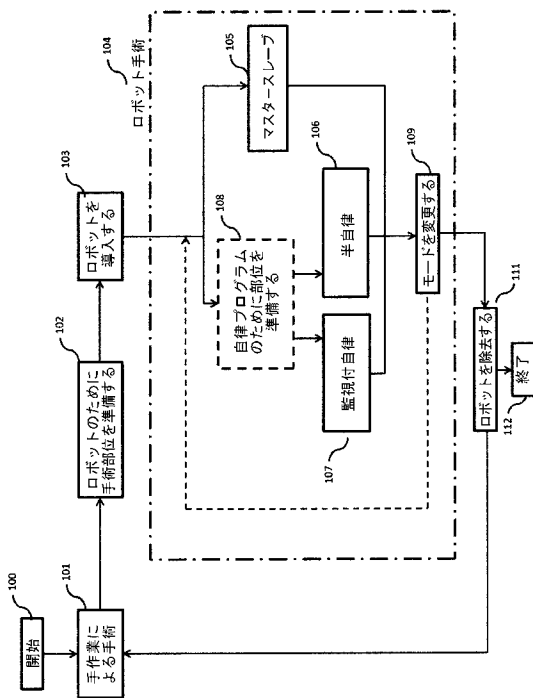
50

しても良く、それらのプロセッサはネットワーク内で通信する複数のコンポーネントにわたって分散される。分散コンポーネントは、様々なヒューマンインターフェイス及び/又は通信装置（例えば表示装置、スマートフォン、タブレット、携帯情報端末（PDA））に加え、1つ又は複数のクライアントマシン及び/又はサーバマシンを含み得る。ネットワークは、LANやWAN等の私設ネットワークでも、インターネット等の公衆ネットワークでも良い。システムへの入力は、利用者による直接入力によって、及び/又は実時間で若しくはバッチ処理として遠隔的に受け付けることができる。更に、開示したのと同じでないモジュール又はハードウェア上で一部の実装形態を実行しても良い。従って他の実装形態も、特許請求の範囲に記載され得る範囲に含まれる。

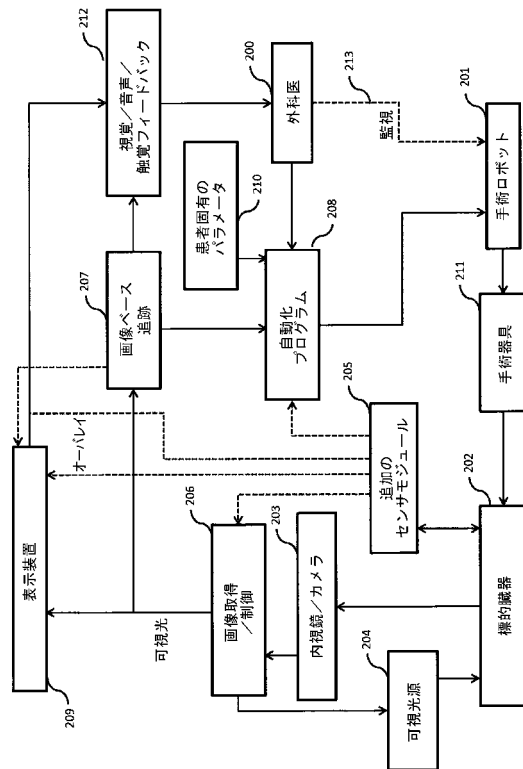
【0079】

本明細書及び添付の特許請求の範囲では、単数形「a」、「an」、及び「the」は、明らかに別段に解すべき事情がない限り複数形の言及を含むことに留意すべきである。

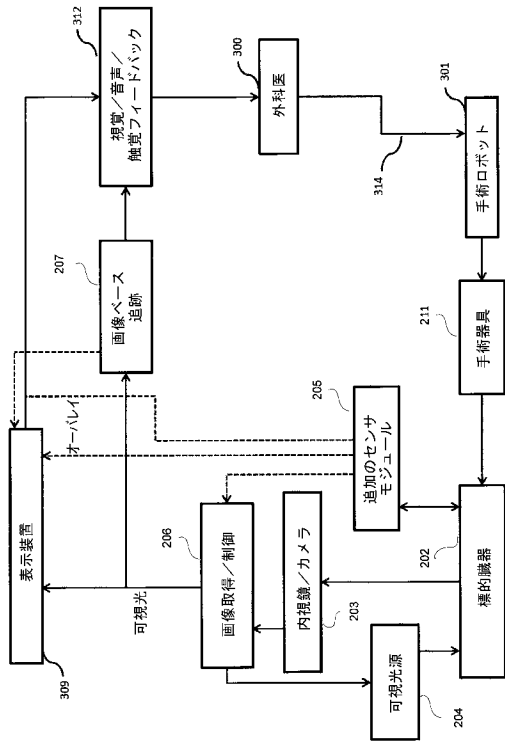
【図1】



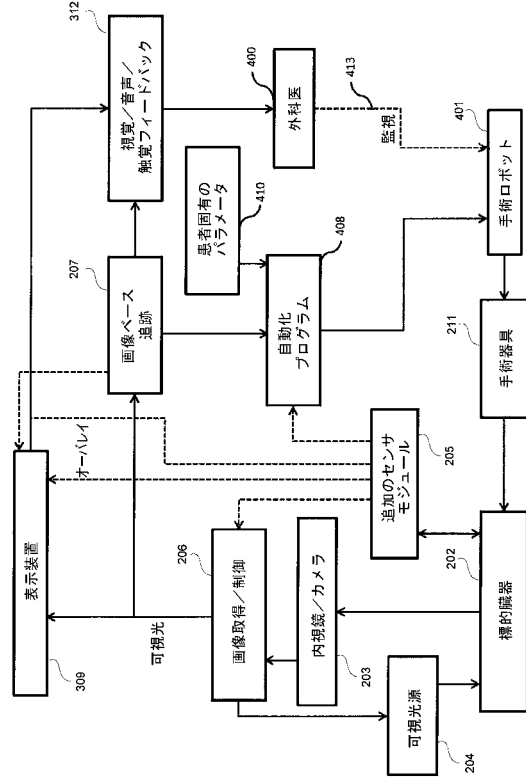
【図2】



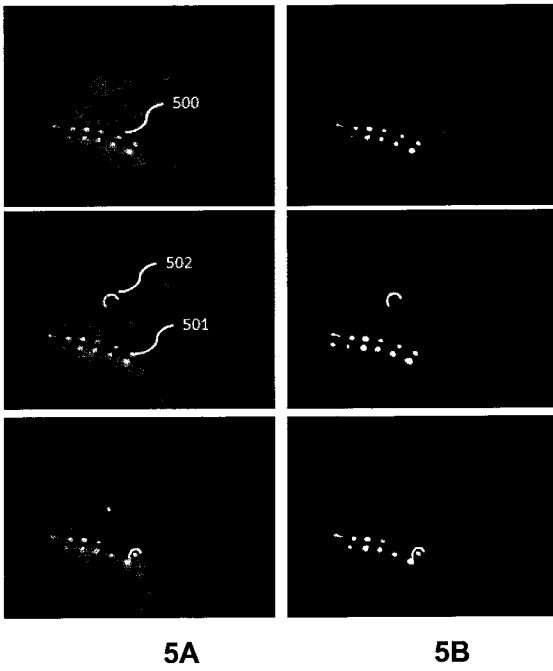
【 図 3 】



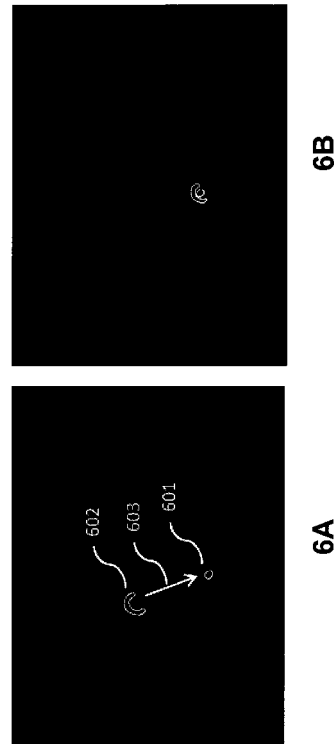
【 図 4 】



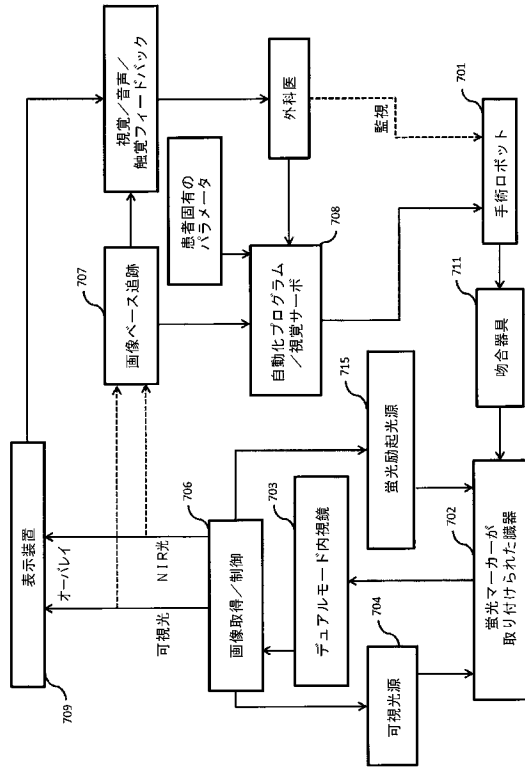
【 図 5 】



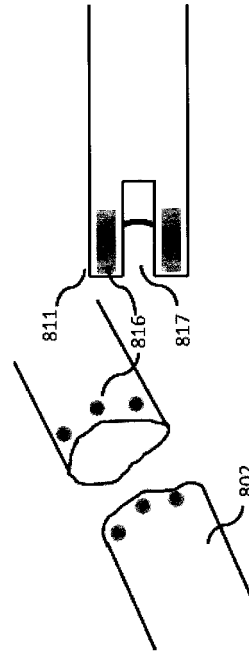
【 図 6 】



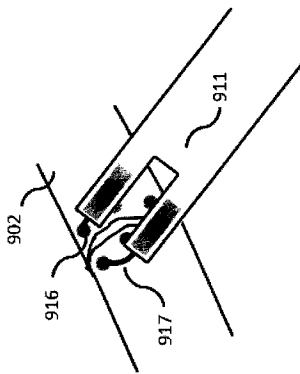
【 図 7 】



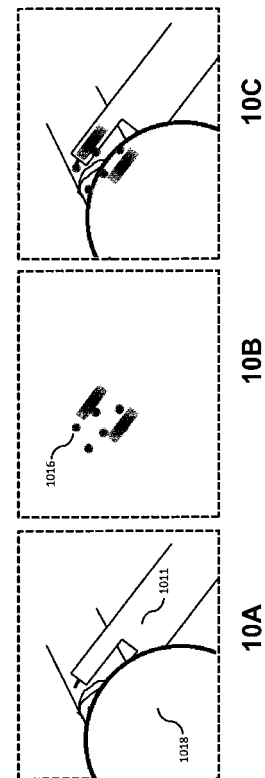
【 図 8 】



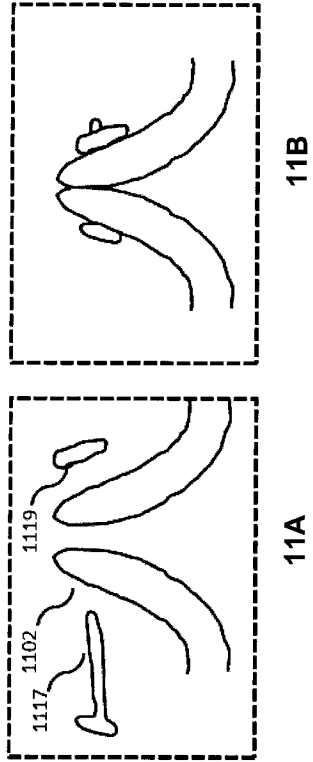
【 図 9 】



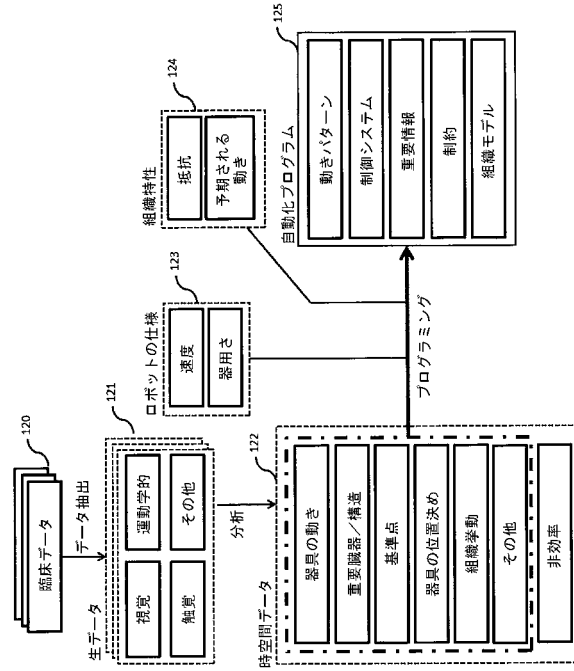
【 図 10 】



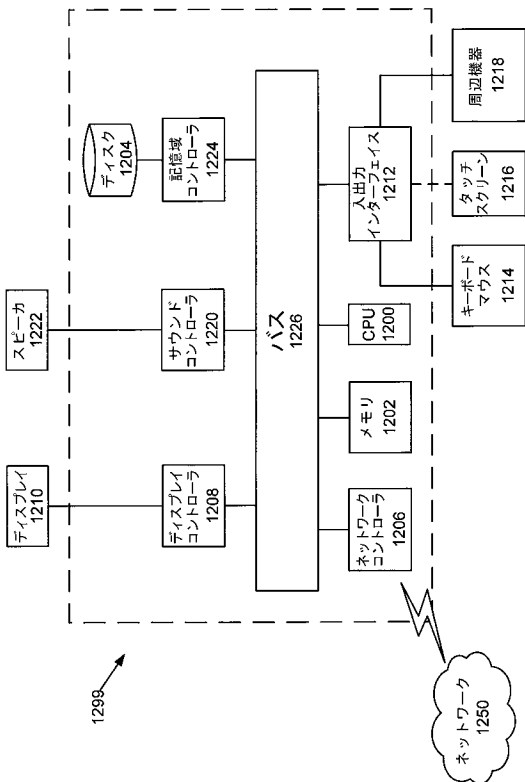
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US13/48911
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - A61B 19/00 (2014.01) USPC - 606/144, 700/245, 901/2 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) Classification(s): A61B 19/00 (2014.01) USPC Classification(s): 606/144, 700/245, 901/2 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) MicroPatent (US-G, US-A, EP-A, EP-B, WO, JP-bib, DE-C,B, DE-A, DE-T, DE-U, GB-A, FR-A); ProQuest; IEEE; Google/Google Scholar; Surgery robot*, surgical robot*, tool*, sensor*, user interface*		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 8,107,717 B2 (SUTHERLAND, G et al.) 01 May 2012; abstract, figure 1A and 1B, column 3 lines 61-62, column 4 lines 1-5, 15-18, and 76, column 5 lines 1-3 and 5-6, column 11 lines 62-65, and column 12 lines 50-54.	1-4, 6, and 9
Y		5, 7, 8, and 10-16
Y	US 2011/0082369 A1 (MOHR, C et al.) 07 April 2011; paragraphs [0020] and [0025].	5
Y	US 6,460,810, B2 (JAMES, T) 08 October 2002; title, column 1 lines 61-65.	7
Y	US 8,196,870 B2 (GRYNIIEWSKI, L et al.) 12 June 2012; column 6 lines 11-13.	8
Y	US 7,008,373 B2 (STOIANOVICI, D et al.) 07 March 2006; abstract, column 6 lines 11-12, 18-19, and 22-26.	10 and 15
Y	US 8,182,494 B1 (YENCHO, S et al.) 22 May 2012; abstract.	11
Y	US 2011/0257661 A1 (CHOI, S et al.) 20 October 2011; abstract, paragraph [0010].	12
Y	US 8,197,507 B2 (GARCIA, P et al.) 12 June 2012; abstract, column 3 lines 10-11.	13 and 14
Y	US 8,046,054 B2 (KIM, Y et al.) 25 October 2011; abstract.	16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 February 2014 (20.02.2014)		Date of mailing of the international search report 18 MAR 2014
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US13/48911
Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)		
This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:		
1. <input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:	
2. <input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:	
3. <input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).	
Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)		
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows: Group I: Claims 1-16; Group II: Claims 17-30 -***-Please see Supplemental Page-***-		
1. <input type="checkbox"/>	As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.	
2. <input type="checkbox"/>	As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.	
3. <input type="checkbox"/>	As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:	
4. <input checked="" type="checkbox"/>	No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-16	
Remark on Protest	<input type="checkbox"/> The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee. <input type="checkbox"/> The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation. <input type="checkbox"/> No protest accompanied the payment of additional search fees.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US13/46911

Continued from Box No. III - Observations where unity of invention is lacking

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fee must be paid.

Group I: Claims 1-16 are directed toward a system for performing an automated surgical procedure.

Group II: Claims 17-30 are directed toward a computer-implemented method of generating an automated surgical program.

The inventions listed as Groups I-II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

The special technical features of Group I include a sensor; a user interface; a feedback device; a surgical tool; and a track processing module, which are not present in Group II.

The special technical features of Group II include processing clinical data to produce a 3D spatial and temporal data of a surgery; obtaining surgical robot specifications and clinical parameters; and generating the automated surgical program, which are not present in Group I.

The common technical feature shared by Groups I-II is an automated surgical program, comprising: a surgical robot; processing data; and generating commands to the surgical robot. However, this common feature is previously disclosed by US 2011/0257681 A1 (Choi). Choi discloses an automated surgical program (automatically controlling the operation of a surgery; Abstract and paragraph [0018]), comprising: a surgical robot (liposuction surgical robot; Abstract); processing data (a robot arm driven by a particular control signal received from the control unit; Abstract); and generating commands to the surgical robot (generate and transmit control signals for driving the surgical robot; Abstract and paragraph [0074]).

Since the common technical feature is previously disclosed by the Choi reference, this common feature is not special and so Groups I-II lack unity.

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

- (72) 発明者 キム, ピーター
 アメリカ合衆国 20010-2970 ワシントン ディ.シー. エヌ.ダブリュ. ミシガン
 アヴェニュー 111 チルドレンズ ナショナル メディカル センター内
- (72) 発明者 クリーガー, アクセル
 アメリカ合衆国 20010-2970 ワシントン ディ.シー. エヌ.ダブリュ. ミシガン
 アヴェニュー 111 チルドレンズ ナショナル メディカル センター内
- (72) 発明者 キム, ユンジェ
 アメリカ合衆国 20010-2970 ワシントン ディ.シー. エヌ.ダブリュ. ミシガン
 アヴェニュー 111 チルドレンズ ナショナル メディカル センター内
- (72) 発明者 シェードマン, アーザード
 アメリカ合衆国 20010-2970 ワシントン ディ.シー. エヌ.ダブリュ. ミシガン
 アヴェニュー 111 チルドレンズ ナショナル メディカル センター内
- (72) 発明者 レナード, サイモン
 アメリカ合衆国 20010-2970 ワシントン ディ.シー. エヌ.ダブリュ. ミシガン
 アヴェニュー 111 チルドレンズ ナショナル メディカル センター内

Fターム(参考) 3C707 AS35 KT01 KT04 KT15 LT08 LV23

专利名称(译)	自动手术和介入手术		
公开(公告)号	JP2015527906A	公开(公告)日	2015-09-24
申请号	JP2015520621	申请日	2013-07-01
[标]申请(专利权)人(译)	国家儿童医学中心 儿童国家医疗中心		
申请(专利权)人(译)	国家儿童医学中心		
[标]发明人	キムピーター クリーガーアクセル キムユンジエ シェードマンアーザード レナードサイモン		
发明人	キム,ピーター クリーガー,アクセル キム,ユンジエ シェードマン,アーザード レナード,サイモン		
IPC分类号	A61B19/00 B25J13/08		
CPC分类号	A61B17/0469 A61B17/0643 A61B17/1285 A61B2017/1103 A61B2017/1132 A61B34/30 A61B34/32 A61B34/76 A61B90/361 A61B2034/2065 A61B2090/397 A61B2034/104 A61B2034/105 A61B2034/107 A61B2034/2057 A61B2034/258 A61B2090/363 G16H20/40		
FI分类号	A61B19/00.502 B25J13/08.A		
F-TERM分类号	3C707/AS35 3C707/KT01 3C707/KT04 3C707/KT15 3C707/LT08 3C707/LV23		
代理人(译)	齐藤达也		
优先权	61/666399 2012-06-29 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)	(21) 出願番号	特願2015-520621 (P2015-520621)	(71) 出願人	514262417	
	(86) (22) 出願日	平成25年7月1日 (2013.7.1)	チルドレンズ ナショナル メディカル センター CHILDREN'S NATIONAL MEDICAL CENTER		
这里描述的是用于在外科手术和介入医疗过程中自动化子任务的装置和方法。该装置包括机器人定位平台，具有自动化程序的操作系统，以及在监督自治下执行任务的末端执行器工具。操作系统基于一个或两个或多个成像模态的融合来执行自动化程序，引导非结构化环境中的移动和可变形目标的实时跟踪，同时末端执行器工具执行需要精确，准确的外科介入子任务。机动性和重复性。该装置和方法使这些医疗程序更有效和有效，允许更广泛的访问和更标准化的结果和改进的安全性。	(85) 翻訳文提出日	平成27年2月20日 (2015.2.20)	アメリカ合衆国 20010 ワシントン ディ. シー. エヌ. ダブリュ. ミシ ガン アヴェニュー 111		
	(86) 国際出願番号	PCT/US2013/048911			
	(87) 国際公開番号	W02014/005139			
	(87) 国際公開日	平成26年1月3日 (2014.1.3)			
	(31) 優先権主張番号	61/666,399		(74) 代理人	100107364 弁理士 齊藤 達也
	(32) 優先日	平成24年6月29日 (2012.6.29)			
	(33) 優先権主張国	米国 (US)			